

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-156395

(P2001-156395A)

(43) 公開日 平成13年6月8日(2001.6.8)

(51) Int.Cl.⁷

H01S 5/183

識別記号

F I

H01S 5/183

キーワード(参考)

5F073

審査請求 未請求 請求項の数7 OL (全7頁)

(21) 出願番号 特願2000-89393(P2000-89393)

(22) 出願日 平成12年3月28日(2000.3.28)

(31) 優先権主張番号 特願平11-259067

(32) 優先日 平成11年9月13日(1999.9.13)

(33) 優先権主張国 日本(JP)

(71) 出願人 000005290

古河電気工業株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号

(72) 発明者 横内 則之

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古

河電気工業株式会社内

(72) 発明者 柏川 秋彦

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古

河電気工業株式会社内

(74) 代理人 100090022

弁理士 長門 侃二

Fターム(参考) 5F073 AA74 AB17 BA01 CA05 CB02

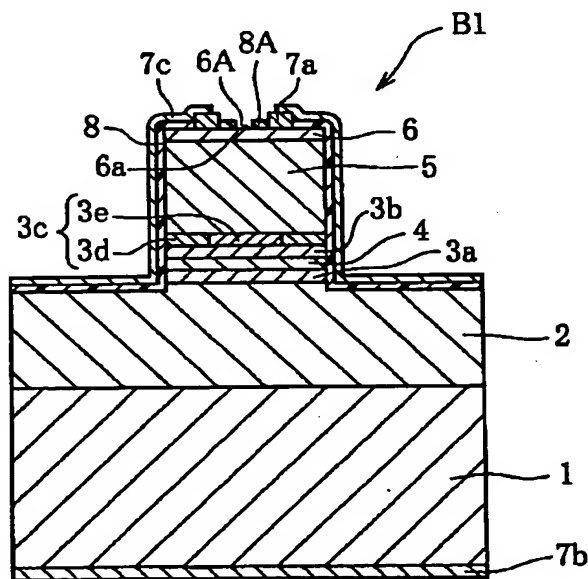
DA05 DA22 EA18

(54) 【発明の名称】 面発光半導体レーザー素子

(57) 【要約】

【課題】 発振横モードの制御が可能な面発光半導体レーザー素子を提供する。

【解決手段】 上部反射鏡層構造2と下部反射鏡層構造5との間に発光層4を配置した半導体材料の層構造が基板1の上に形成され、上部反射鏡層構造5の上部に位置する開口部の一部を、誘電体膜8、8Aのような、レーザー光の発振波長に対して透明な層で被覆してレーザー光の出射窓6Aが形成されていて、出射窓6Aの平面視形状を変化させることにより、レーザー光の発振横モードの制御が可能である面発光半導体レーザー素子。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 上部反射鏡層構造と下部反射鏡層構造との間に発光層を配置した半導体材料の層構造が基板の上に形成され、前記上部反射鏡層構造の上方には、平面視形状が円環形状をした上部電極が形成され、前記上部電極の内側が開口部になっている面発光半導体レーザ素子において、

前記開口部の一部表面を被覆して、発振レーザ光の発振波長に対して透明な層が形成されていることを特徴とする面発光半導体レーザ素子。

【請求項 2】 前記透明な層の平面視形状を変化させることにより、発振レーザ光の出射窓の平面視形状を変化させてレーザ光の発振横モードが制御される請求項 1 の面発光半導体レーザ素子。

【請求項 3】 前記発光層の近傍には電流注入経路が形成され、前記開口部に形成されている前記透明な層の形成位置は前記電流注入経路の平面視形状の中に含まれている請求項 1 または 2 の面発光半導体レーザ素子。

【請求項 4】 前記透明な層が、少なくとも 1 層の誘電体膜から成る請求項 1～3 のいずれかの面発光半導体レーザ素子。

【請求項 5】 前記誘電体膜が、 SiNx 、 SiOx 、 AlOx 、 TiOx 、 MgO 、 MgF のいずれかである請求項 4 の面発光半導体レーザ素子。

【請求項 6】 前記透明な層の厚みが、発振レーザ光の発振波長の $(2i+1)/4n$ 倍（ただし、 n は透明な層の屈折率、 i は整数を表す）に相当する厚みになっている請求項 1～5 のいずれかの面発光半導体レーザ素子。

【請求項 7】 前記透明な層の厚みが、発振レーザ光の発振波長の $2i/4n$ 倍（ただし、 n は透明な層の屈折率、 i は自然数を表す）に相当する厚みになっており、かつ、前記透明な層の上に金属膜が成膜されている請求項 1～5 のいずれかの面発光半導体レーザ素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は面発光半導体レーザ素子に関し、更に詳しくは、発振するレーザ光の横モード制御が可能な面発光半導体レーザ素子に関する。

【0002】

【従来の技術】 近時、大容量光通信網の構築、または光インターコネクションや光コンピューティングなどの光データ通信システム構築の実現を目指す研究が進められているが、それらの光源として、 GaAs 基板を用いて製造した面発光半導体レーザ素子が注目を集めている。

【0003】 このような面発光レーザ素子の基本的な層構造の 1 例 A を図 11 に示す。この素子 A では、例えば n 型 GaAs から成る基板 1 の上に、組成が異なる例えば n 型の AlGaAs の薄層を交互に積層して成る下部反射鏡層構造 2 が形成されている。そして、この下部反

射鏡層構造 2 の上には、例えば i 型の AlGaAs から成る下部クラッド層 3a、 $\text{GaAs}/\text{AlGaAs}$ で形成した量子井戸構造から成る発光層 4、 i 型の AlGaAs から成る上部クラッド層 3b が順次積層され、更にこの上部クラッド層 3b の上に、組成が異なる例えば p 型の AlGaAs の薄層を交互に積層して成る上部反射鏡層構造 5 が形成されたのち、この上部反射鏡層構造 5 の最上層の表面には、 p 型の GaAs 層 6 が形成されて全体の層構造を構成している。そして、上記層構造の少なくとも下部反射鏡層構造 2 の上面に至るまでの部分がエッチング除去されて、中央部には、柱状の層構造が形成されている。

【0004】 中央に位置する柱状の層構造における GaAs 層 6 の上面の周縁部近傍には例えば AuZn から成る円環形状の上部電極 7a が形成され、また基板 1 の裏面には例えば AuGeNi/Au から成る下部電極 7b が形成されている。そして、全体の表面のうち、柱状部の側面、および、 GaAs 層 6 の表面のうち、上部電極 7a の外側に位置する周縁部が例えば SiNx から成る誘電体膜 8 で被覆されることにより、 GaAs 層 6 の一部表面 6a、すなわち上部電極 7a の内側の部分がレーザ光の出射窓として機能する円形の開口部 6c になっており、更に上部電極 7a と誘電体膜 8 の表面を被覆して例えば $\text{Ti}/\text{Pt}/\text{Au}$ から成る電極引き出し用パッド 7c が形成されている。

【0005】 また、このレーザ素子 A においては、上部反射鏡層構造 5 の最下層、すなわち発光層 4 に最も近い場所に位置する層 3c は例えば p 型の AlAs で形成されている。そして、この AlAs 層 3c のうち外側の周縁部分は、平面視形状が円環形状をしていて、当該 AlAs 層のみを選択的に酸化することによって形成された Al_2O_3 を主体とする絶縁領域 3d になっており、そのことによって、発光層 4 に対する電流狭窄構造が形成されている。

【0006】 このレーザ素子 A においては、上部電極 7a と下部電極 7b を動作させることにより、発光層 4 におけるレーザ発振が起こり、そのレーザ光は GaAs 層 6 を通過してその表面部分 6a（レーザ光の出射窓）から矢印のように、すなわち基板 1 の垂直上方に発振していく。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、面発光半導体レーザ素子を光伝送システムの光源として組み込むためには、当該レーザ素子から発振するレーザ光の発振横モードを制御することが必要である。例えばマルチモード光ファイバを用いたデータリンクの場合には、高次横モードで安定して発振するレーザ素子が光源として必要となり、また空間伝搬を適用したボード間光伝送システムの場合や、単一モード光ファイバを用いた高速光伝送システムの場合には、基本横モード発振するレーザ素子

が光源として必要になる。

【0008】従来、上記した構造の面発光半導体レーザ素子の発振横モードは、図11で示した電流狭窄構造のサイズで制御されている。具体的には、円環形状をした絶縁領域3dの円環の幅を変化させることにより、中心部に位置する平面視形状が円形になっている電流注入経路3eの大小で制御している。例えば、基本横モードで発振するレーザ素子の場合、上記した電流注入経路3eの直径は5 μ m以下程度にすることが必要とされている。

【0009】しかしながら、電流注入経路3eの直径を上記したような小さい値にすると、結局、レーザ素子としての抵抗が高くなるため、その動作電圧が高くなるというような不都合が生じてくる。また、電流注入経路3eの直径の大小を μ mオーダーで正確に制御するということは、絶縁領域3dの幅、すなわちAlAs層3cにおける酸化幅を正確に制御するということを意味する。しかしながら、この酸化幅を μ mオーダーで制御することはかなり困難である。そのため、製造したレーザ素子の特性にばらつきが生じ、再現性の点で問題が生ずる。

【0010】なお、マルチモードで発振するレーザ素子の場合、電流注入経路の直径を大きくすると、電流注入時に発振横モードがスイッチングするため雑音が発生し、光伝送特性が劣化するという問題も生ずる。本発明は、電流注入経路3eの大小で発振横モードを制御している従来の面発光半導体レーザ素子における上記した問題を解決することができる新規な発振横モード制御機構を備え、また製造も従来に比べて容易な面発光半導体レーザ素子の提供を目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記した目的を達成するために、本発明においては、上部反射鏡層構造と下部反射鏡層構造との間に発光層を配置した半導体材料の層構造が基板の上に形成され、前記上部反射鏡層構造の上方には、平面視形状が円環形状をした上部電極が形成され、前記上部電極の内側に開口部になっている面発光半導体レーザ素子において、前記開口部の一部表面を被覆して、発振レーザ光に対して透明な層が形成されていることを特徴とする面発光半導体レーザ素子が提供される。

【0012】好ましくは、前記透明な層が少なくとも1層の誘電体膜から成り、また、前記発光層の近傍には電流注入経路が形成され、前記開口部に形成されている前記透明な層の形成位置は前記電流注入経路の平面視形状の中に含まれている面発光半導体レーザ素子、また前記透明な層の厚みが、レーザ光の発振波長の $(2i+1)/4n$ 倍（ただし、nは透明な層の屈折率、iは整数を表す）に相当する厚みになっている面発光半導体レーザ素子や、その厚みがレーザ光の発振波長の $2i/4n$ 倍（ただし、nは透明な層の屈折率、iは自然数を表す）

である透明な層の上に更に金属膜が成膜されている面発光半導体レーザ素子が提供される。

【0013】

【発明の実施の形態】本発明の面発光半導体レーザ素子は、開口部が形成されている上部反射鏡層構造において、レーザ発振を起こさせたくない部分の反射率を低下させる（すなわち、多重反射させる）ことにより発振横モード制御を行うという技術思想に立脚し、そのために、レーザ光の出射窓として機能する上記開口部の一部表面に、発振するレーザ光の発振波長に対して透明な層（以下、単に透明な層という）を設けるという手段を講じたものである。

【0014】ここで、上記した透明な層としては、レーザ光の発振波長との関係で各種の材料で構成されることになるが、SiNx、SiOx、AlOx、TiOx、MgO、MgFを代表例とする誘電体から成る誘電体膜を好適例としてあげることができる。また、透明な層の材料としては、ITO（インジウムスズ酸化物）を用いることもできる。透明な層をITOで形成した場合には、この透明な層を電極として機能させることもできる。なお、この誘電体膜の場合、それは1層であってもよく、2層以上の積層構造になっていてもよい。

【0015】以下、透明な層が誘電体膜である場合を例にして、図面に則して本発明の面発光半導体レーザ素子について説明する。図1は本発明のレーザ素子の1例B1を示し、図2は別の例B2を示す。これらの素子B1、B2の場合、いずれも、その層構造は図11で示した素子Aと同じである。しかしながら、素子Aで説明したレーザ光の出射窓6aとして機能する開口部6Cの表面にも誘電体膜が形成されていることにより、レーザ光の出射窓の平面視形状が図11の場合と異なっている。

【0016】素子B1は、上部電極7aの内側に位置する開口部に平面視形状が円環形状をしている誘電体膜8Aが形成されていることにより、平面視形状が円形である、より小径の新たな出射窓6Aが形成された構造になっている。そして素子B2は、開口部6Cから表出しているGaAs層6の中心部に平面視形状が円形である誘電体膜8Bが形成されていることにより、平面視形状が円環形状をしている新たな出射窓6Bが形成された構造のものである。

【0017】ここで、上記した誘電体膜8A（8B）の膜厚は、素子B1（B2）によるレーザ光の発振波長が λ であるとした場合、 $\lambda \times (2i+1)/4n$ 倍の値に近似した厚みであることが好ましい。なお、上記した式において、nは誘電体膜8A（8B）を構成する誘電体の屈折率を表し、またiは0、1、2、……などの整数を表している。

【0018】最上面に、このような平面視形状で、またこのような膜厚の誘電体膜8A（8B）が形成されていると、この誘電体膜8A（8B）の直下に位置する上部

反射鏡層構造の実効的な反射率が低下する。そして結果的に、誘電体膜8A(8B)の直下でのみレーザ発振が起ることになり、発振横モードが制御されることになる。

【0019】この誘電体膜の平面視形状は、上に例示したタイプに限定されるものではなく、適宜な形状にすることができる。なお、これらの厚み $\lambda \times 2i/4n$ の誘電体膜の上にAu, Ti, Crのような金属膜を設けると、上記した反射率低下の効果が向上してレーザ光の発振横モード制御がより有効に発揮されるので好適である。

【0020】このように、開口部6Cに形成した誘電体膜(透明な層)は上記したような作用効果を発揮するので、その形成位置は、それを下方に投影したとき、発光層4におけるレーザ発振を規制する電流注入経路3eの平面視形状の中に含まれていることが好ましい。電流注入経路3eを経由して発振してくるレーザ光に対して、誘電体膜の直下に位置する上部反射鏡層構造の実効的な反射率を確実に低下せしめ、もって発振横モードの制御に関する確実性が向上するからである。

【0021】

【実施例】(1)レーザ素子の構造

図1で示したレーザ素子を次のようにして製造した。このレーザ素子の発振波長は850nmとなるように設計されている。n型GaAs基板1の上に、MOCVD法で厚み40nmのn型Al_{0.3}Ga_{0.7}Asと厚み50nmのn型Al_{0.3}Ga_{0.7}Asとの薄層をヘテロ界面に厚み20nmの組成傾斜層を介在させながら交互に積層して30.5ペアの多層膜から成る下部反射鏡層構造2を形成した。ついで、この上に、ノンドープAl_{0.3}Ga_{0.7}Asから成る下部クラッド層3a(厚み97nm)、3層のGaAs量子井戸(各層の厚み7nm)と4層のAl_{0.3}Ga_{0.7}As障壁層(各層の厚み8nm)で構成された量子井戸構造の発光層4、ノンドープAl_{0.3}Ga_{0.7}Asから成る上部クラッド層3b(厚み97nm)を順次積層したのち、更にその上に、厚み40nmのp型Al_{0.3}Ga_{0.7}Asと厚み50nmのp型Al_{0.3}Ga_{0.7}Asとの薄層をヘテロ界面に厚み20nmの組成傾斜層を介在させながら交互に積層して25ペアの多層膜から成る上部反射鏡層構造5を形成した。

【0022】そして、この上部反射鏡層構造5における最上層であるp型Al_{0.3}Ga_{0.7}As層の上にp型GaAs層6を積層した。なお、上記した上部反射鏡層構造の最下層3cは、厚み50nmのp型AlAsで構成した。次に、これら層構造におけるp型GaAs層6の表面にプラズマCVD法でSiNx膜8aを成膜したのち、その上に通常のフォトリソを用いたフォトリソグラフィーで直径約4.5μmの円形レジストマスク9を形成した(図3)。

【0023】ついで、CF₄を用いたRIEで上記レジ

ストマスク9直下のSiNx膜以外のSiNx膜8aをエッチング除去したのちレジストマスク9を全て除去して、平面視形状が円環形状であるGaAs層6の表面を表出させた。そして、SiNx膜8aをマスクにし、リン酸と過酸化水素と水の混合液から成るエッチャントを用いて下部反射鏡層構造2に至るまでのエッチング処理を行って柱状構造を形成した(図4)。

【0024】そして、この層構造を水蒸気雰囲気中において温度400℃で約25分間加熱した。p型AlAs層3cの外側周縁部のみが円環状に選択的に酸化され、その中心部には直径が約15μmの電流注入経路3eが形成された(図5)。ついで、RIEによってSiNx膜8aを完全に除去したのち、全体の表面をプラズマCVD法によりSiNx膜8で被覆し、続いて、直径約35μmのGaAs層6の上面に形成されているSiNx膜8を外径25μm、内径15μmの円環形状に除去してGaAs層6の表面を表出させ、そこにAuZnを蒸着して円環形状をした上部電極7aを形成し、更に上部電極7aの外側の表面のみをSiNx膜8で被覆し、更にその上に電極引き出し用のパッド7cをTi/Pt/Auで形成した(図6)。

【0025】なお、このときのSiNx膜8の膜厚は、SiNxの屈折率が1.75であり、素子の発振波長が850nmであるため、前記した式： $(2i+1)/4n$ において $i=0$ にしたときの値、すなわち121nmに設定した。ついで、上部電極7aの内側に位置しているSiNx膜に対してフォトリソグラフィーとRIEを適用することにより、その中心部に直径6μmの円形の小孔を穿設し他のSiNx膜8Aは残してGaAs層6の表面を表出して出射窓6Aを形成し、図1で示した素子B1を製造した。これを実施例1とする。

【0026】また、小孔の孔径を10μmにして出射窓6Aを形成した。これを実施例2とする。また、上部電極7aの内側に位置しているSiNx膜に対し、中心部に直径6μmの部分8Bを残し、他の部分は全て除去することにより、外径15μm、内径6μmの円環形状をした出射窓6Bを形成し、図2で示した素子B2を製造した。これを実施例3とする。

【0027】いずれの実施例素子の場合も、基板1の裏面を研磨して全体の厚みを約100μmとしたのち、その研磨面にAuGeNi/Auを蒸着して下部電極7bが形成されている。なお比較のために、前記したAlAs層3cの酸化時間を約30分とすることにより当該AlAs層3cの酸化幅を大きくして電流注入経路3cの直径を約5μmにし、かつ、GaAs層6の上に直径15μmの開口部6Cを形成し、これを出射窓6aとする図11で示した素子Aを製造した。これを比較例1とする。また、実施例1の素子において、上部電極7aの内側に位置するSiNx膜を全て除去して直径15μmの開口部とし、これを出射窓6aとする素子Aを製造し

た。これを比較例2とする。以上、5種類の素子における電流注入経路、出射窓の寸法形状を一括して表1に示す。

*【0028】
【表1】

*

	柱状構造 の直径 (μm)	上部電極の寸法		電流注入 経路の直径 (μm)	出射窓の形状
		内径 (μm)	外径 (μm)		
実施例1	35	15	25	15	直径6 μm の円形状
実施例2	35	15	25	15	直径10 μm の円形状
実施例3	35	15	25	15	外形15 μm 、内径6 μm の円環形状
比較例1	35	15	25	5	直径15 μm の円形状
比較例2	35	15	25	15	直径15 μm の円形状

【0029】(2) レーザ素子の特性評価

1) まず、実施例1と比較例1における電流-電圧特性と電流-光出力特性を図7に示す。図中、実線は電流-電圧特性、破線は電流-光出力特性をそれぞれ表している。なお、実施例1、比較例1のいずれにおいても発振モードは基本横モードであった。

【0030】図7から明らかなように、実施例1は比較例1に対比して動作電圧が低く、例えば5mAでの動作電圧は約1.8Vであり、比較例1の2.4Vに比べてかなり低い。これは、実施例1の電流注入経路の直径は15 μm であり、電流注入経路の直径が5 μm である比較例1に比べてその箇所での抵抗が低くなっているからである。また、電流-光出力特性において、実施例1の場合はしきい値電流が比較例1に比べて若干高いとはいえ、電流が10mA程度になるまで光出力は飽和することなく増加している。これは、電流注入経路近傍における抵抗が低いので発熱が抑制されることに基づく効果であると考えられる。

【0031】2) 次に実施例2、3と比較例2における電流-電圧特性と電流-光出力特性を図8にそれぞれ表す。図中、実線は電流-電圧特性、破線は電流-光出力特性をそれぞれ表している。図8から明らかなように、実施例2、3と比較例2との間では上記両特性に顕著な差異は認められない。そこで、実施例2、3、比較例2の各素子につき、発光近視野像を観察してみた。動作電流7mAの場合の結果を図9に、動作電流15mAの場合の結果を図10にそれぞれ示した。

【0032】なお、図9、図10において、像aは実施例2、像bは実施例3、像cは比較例2の場合をそれぞれ示す。図9、図10から明らかなように、比較例2の場合の像cでは外周部に多数の発光スポットが認められ、それが電流注入によってスイッチングしている。実施例2の像aの場合は発光スポットが少なく、しかもそれらは中心部に集中している。そして、電流注入を大きくしてもスイッチング挙動を起こすことはなかった。

【0033】また実施例3の像bの場合は、実施例2に比べると発光スポットの数が増加し、しかも全体として拡散している。しかしながら、実施例3の場合も、電流注入を大きくしてもスイッチング挙動を起こすことはな

かった。

【0034】

【発明の効果】以上の説明で明らかなように、本発明のレーザ素子は発振横モード制御が可能な面発光半導体レーザ素子であり、例えば低動作電圧で基本横モード発振するレーザ素子である。また、高次横モードで安定して発振する素子では、モードスイッチングによる雑音も低減する。したがって、この面発光半導体レーザ素子は並列データ伝送用の光源として使用可能であり、もって高速光データ通信システムの構築に貢献する。

【0035】また、本発明のレーザ素子における発振横モードの制御は、従来のように、電流狭窄構造の大小で制御するのではなく、全体の上面に形成する誘電体膜（透明な層）の平面視形状で制御するので、その設計自由度は高く、製造も容易であり、その製造コストも低減する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の面発光半導体レーザ素子の1例B1の層構造を示す断面図である。

【図2】本発明の面発光半導体レーザ素子の別の例B2の層構造を示す断面図である。

【図3】基板の上に形成された層構造にSiNx膜とレジストマスクを形成した状態を示す断面図である。

【図4】基板上に円柱構造を形成した状態を示す断面図である。

【図5】図4の円柱構造に酸化処理を施したのちの状態を示す断面図である。

【図6】図5の構造体に、上部電極と誘電体膜を形成した状態を示す断面図である。

【図7】実施例1と比較例1における電流-電圧特性と電流-光出力特性を示すグラフである。

【図8】実施例2、3および比較例2における電流-電圧特性と電流-光出力特性を示すグラフである。

【図9】動作電流が7mAのときの実施例2、3および比較例2の発光近視野像である。

【図10】動作電流が15mAのときの実施例2、3および比較例2の発光近視野像である。

【図11】従来の面発光半導体レーザ素子の1例Aを示す断面図である。

【符号の説明】

- 1 基板
2 下部反射鏡層構造
3a 下部クラッド層
3b 上部クラッド層
3c AlAs層
3d 絶縁領域
3e 電流注入経路
4 発光層
5 下部反射鏡層構造

* 6 GaAs層

6a, 6A, 6B レーザ光の出射窓

6C 開口部

7a 上部電極

7b 下部電極

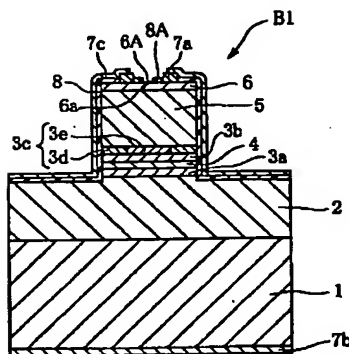
7c 電極引き出し用パッド

8, 8a, 8A, 8B 誘電体膜(レーザ光の発振波に対して透明な層)

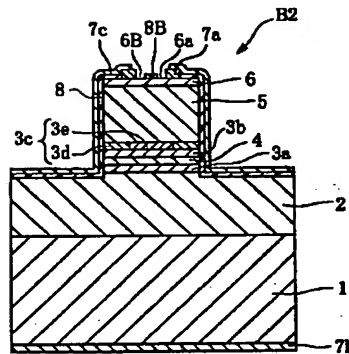
9 レジストマスク

*10

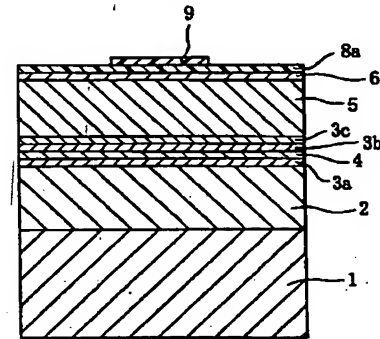
【図1】



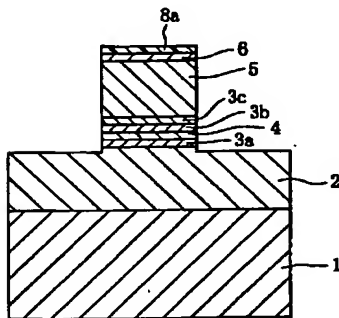
【図2】



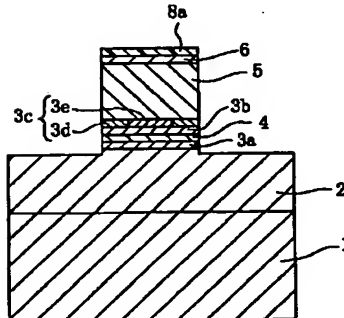
【図3】



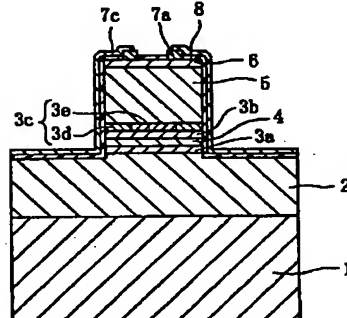
【図4】



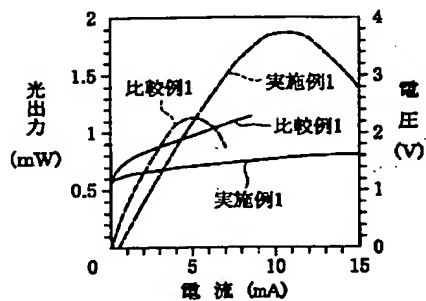
【図5】



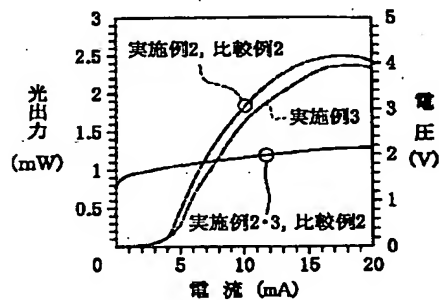
【図6】



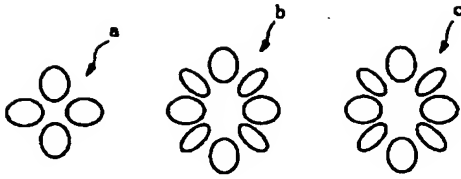
【図7】



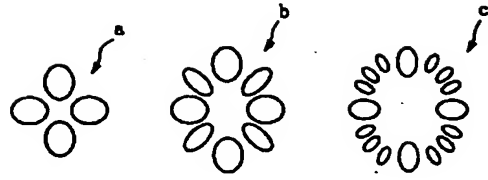
【図8】



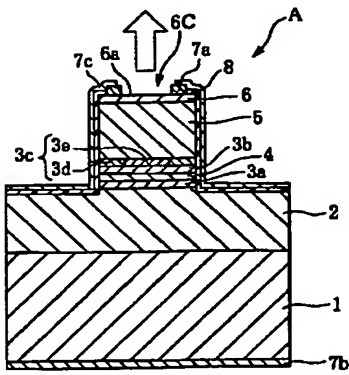
【図9】



【図10】



【図11】



SURFACE EMISSION SEMICONDUCTOR LASER ELEMENT

Patent Number: JP2001156395
Publication date: 2001-06-08
Inventor(s): YOKOUCHI NORIYUKI; KASUKAWA AKIHIKO
Applicant(s): FURUKAWA ELECTRIC CO LTD:THE
Requested Patent: JP2001156395
Application Number: JP20000089393 20000328
Priority Number(s):
IPC Classification: H01S5/183
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a surface emission semiconductor laser element in which oscillation transverse mode can be controlled.

SOLUTION: A layer structure of a semiconductor material, where an emission layer 4 is sandwiched between upper and lower reflector layer structures 5, 2, is formed on a substrate 1. An opening located above the upper reflector layer structure 5 is coated with layers, e.g. dielectric films 8, 8A, transparent for the oscillation wavelength of laser light to form a laser light outgoing window 6A. Oscillation transverse mode of laser light can be controlled by varying the plan view of the outgoing window 6A.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-156395

(43)Date of publication of application : 08.06.2001

(51)Int.Cl.

H01S 5/183

(21)Application number : 2000-089393

(71)Applicant : FURUKAWA ELECTRIC CO LTD:THE

(22)Date of filing : 28.03.2000

(72)Inventor : YOKOUCHI NORIYUKI
KASUKAWA AKIHIKO

(30)Priority

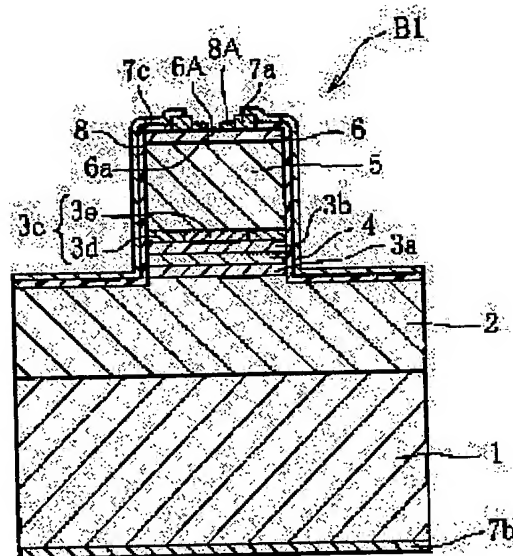
Priority number : 11259067 Priority date : 13.09.1999 Priority country : JP

(54) SURFACE EMISSION SEMICONDUCTOR LASER ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a surface emission semiconductor laser element in which oscillation transverse mode can be controlled.

SOLUTION: A layer structure of a semiconductor material, where an emission layer 4 is sandwiched between upper and lower reflector layer structures 5, 2, is formed on a substrate 1. An opening located above the upper reflector layer structure 5 is coated with layers, e.g. dielectric films 8, 8A, transparent for the oscillation wavelength of laser light to form a laser light outgoing window 6A. Oscillation transverse mode of laser light can be controlled by varying the plan view of the outgoing window 6A.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

06.12.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application converted
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The layer structure of the semiconductor material which has arranged the luminous layer between an up reflecting mirror layer structure and a lower reflecting mirror layer structure is formed on a substrate. above the aforementioned up reflecting mirror layer structure In the field luminescence semiconductor laser element from which the up electrode to which the plane view configuration carried out the annulus ring configuration is formed, and the inside of the aforementioned up electrode has become opening The aforementioned opening is the field luminescence semiconductor laser element characterized by covering a front face and forming the transparent layer to the oscillation wavelength of an oscillation laser beam a part.

[Claim 2] the above -- the field luminescence semiconductor laser element of the claim 1 by which the plane view configuration of the outgoing radiation aperture of an oscillation laser beam is changed, and the oscillation transverse mode of a laser beam is controlled by changing the plane view configuration of a transparent layer

[Claim 3] the above which a current pouring path is formed near the aforementioned luminous layer, and is formed in the aforementioned opening -- the field luminescence semiconductor laser element of the claims 1 or 2 by which the formation position of a transparent layer is included in the plane view configuration of the aforementioned current pouring path

[Claim 4] the above -- one field luminescence semiconductor laser element of the claims 1-3 to which a transparent layer changes from the dielectric film of at least one layer

[Claim 5] The field luminescence semiconductor laser element of the claim 4 whose aforementioned dielectric film is SiNx, SiOx, AlOx, TiOx, or MgO and MgF.

[Claim 6] the above -- one field luminescence semiconductor laser element of the claims 1-5 from which the thickness of a transparent layer is the thickness equivalent to $(2i+1) / 4n$ time of the oscillation wavelength of an oscillation laser beam (however, n expresses the refractive index of a transparent layer and i expresses an integer)

[Claim 7] the above -- the thickness by which the thickness of a transparent layer is equivalent to the $2i/4n$ time (however, n expresses the refractive index of a transparent layer and i expresses the natural number) of the oscillation wavelength of an oscillation laser beam -- becoming -- **** -- and the above -- one field luminescence semiconductor laser element of the claims 1-5 by which the metal membrane is formed on the transparent layer

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to the field luminescence semiconductor laser element in which transverse-mode control of the laser beam to oscillate is possible in more detail about a field luminescence semiconductor laser element.

[0002]

[Description of the Prior Art] Although research which aims at realization of optical data telecommunication system construction of construction of a mass optical-communication network or an optical interconnection, optical computing, etc. is advanced recently, the field luminescence semiconductor laser element manufactured using a GaAs substrate as those light sources attracts attention.

[0003] One example A of the fundamental layer structure of such a field luminescence laser element is shown in drawing 11. With this element A, the lower reflecting mirror layer structure 2 from which composition differs and which carries out the laminating of the thin layer of n type AlGaAs by turns, for example, and changes is formed on the substrate 1 which consists, for example of n type GaAs. And on this lower reflecting mirror layer structure 2, the laminating of lower clad layer 3a which consists of i type AlGaAs, the luminous layer 4 which consists of the quantum well structure formed by GaAs/AlGaAs, and the up clad layer 3b which consists of i type AlGaAs is carried out one by one. Furthermore, after the up reflecting mirror layer structure 5 from which composition differs and which carries out the laminating of the thin layer of p type AlGaAs by turns, for example, and changes is formed on this up clad layer 3b, the p type GaAs layer 6 is formed in the front face of the best layer of this up reflecting mirror layer structure 5, and the whole layer structure is constituted. And etching removal of the portion even if there are few above-mentioned layer structures, until it reaches the upper surface of the lower reflecting mirror layer structure 2 is carried out, and the pillar-shaped layer structure is formed in the center section.

[0004] Up electrode 7a of the annulus ring configuration which consists of AuZn near the periphery section of the upper surface of the GaAs layer 6 in the pillar-shaped layer structure located in the center is formed, and lower electrode 7b which consists of AuGeNi/Au is formed in the rear face of a substrate 1. The periphery section located in the outside of up electrode 7a among the whole front face among the side of the pillar-shaped section and the front face of the GaAs layer 6 and for example, by being covered with the dielectric film 8 which consists of SiN_x Pad 7c for electrode drawers which is circular opening 6C of the GaAs layer 6 on which the portion inside surface 6a, i.e., up electrode 7a, functions as an outgoing radiation aperture of a laser beam, and covers the front face of up electrode 7a and a dielectric film 8 further, for example, consists of Ti/Pt/Au is formed in part.

[0005] Moreover, in this laser element A, layer 3c located in the place near the lowest layer 4 of the up reflecting mirror layer structure 5, i.e., a luminous layer, is formed by p type AlAs. And among this AlAs layer 3c, the plane view configuration is carrying out the annulus ring configuration, the outside periphery portion has become 3d of insulating regions which make a subject aluminum 2O₃ formed by oxidizing only the AlAs layer concerned alternatively, and the current constriction structure over a luminous layer 4 is formed of that.

[0006] In this laser element A, by operating up electrode 7a and lower electrode 7b, the laser oscillation in a luminous layer 4 happens, and the laser beam passes the GaAs layer 6, and oscillates it to the perpendicular upper part of a substrate 1 like an arrow from the surface partial 6a (outgoing radiation aperture of a laser beam).

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, in order to incorporate a field luminescence semiconductor laser element as the light source of a lightwave transmission system, it is required to control the oscillation transverse mode of the laser beam oscillated from the laser element concerned. For example, the case of the lightwave transmission system between boards which the laser element stabilized and oscillated by the high order transverse

mode was needed as the light source in the case of the data link using the multimode optical fiber, and applied space propagation, and in the case of the high-speed lightwave transmission system using the single mode optic fiber, the laser element which carries out a basic transverse-mode oscillation is needed as the light source.

[0008] Conventionally, the oscillation transverse mode of the field luminescence semiconductor laser element of the above-mentioned structure is controlled by size of the current constriction structure shown by drawing 11. It is controlling by size of current pouring path 3e from which the plane view configuration located in a core is a round shape by specifically changing the width of face of the annulus ring of 3d of insulating regions which carried out the annulus ring configuration. For example, in the case of the laser element oscillated by the basic transverse mode, to set the above-mentioned diameter of current pouring path 3e to about 5 micrometers or less is needed.

[0009] However, if it is made a small value which described above the diameter of current pouring path 3e, since the resistance as a laser element will become high after all, un-arranging [that the operating voltage becomes high] arises. Moreover, controlling correctly the size of the diameter of current pouring path 3e by mum order means controlling correctly the width of face of 3d of insulating regions, i.e., the oxidization width of face in AlAs layer 3c. However, it is quite difficult to control this oxidization width of face by mum order. Therefore, dispersion arises in the property of the manufactured laser element, and a problem arises in respect of repeatability.

[0010] In addition, if the diameter of a current pouring path is enlarged in the case of the laser element oscillated by the multimode, in order that the oscillation transverse mode may switch at the time of current pouring, noise will occur, and the problem that an optical-transmission property deteriorates will also be produced. this invention is equipped with the new oscillation transverse-mode controlling mechanism which can solve the above-mentioned problem in the conventional field luminescence semiconductor laser element which is controlling the oscillation transverse mode by size of current pouring path 3e, and also aims manufacture at offer of an easy field luminescence semiconductor laser element compared with the former.

[0011]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, it sets to this invention. The layer structure of the semiconductor material which has arranged the luminous layer between an up reflecting mirror layer structure and a lower reflecting mirror layer structure is formed on a substrate. above the aforementioned up reflecting mirror layer structure In the field luminescence semiconductor laser element from which the up electrode to which the plane view configuration carried out the annulus ring configuration is formed, and the inside of the aforementioned up electrode has become opening A front face is covered in part and the field luminescence semiconductor laser element characterized by the thing of the aforementioned opening for which the transparent layer is formed to the oscillation laser beam is offered.

[0012] A transparent layer consists of the dielectric film of at least one layer. desirable -- the above -- the above which a current pouring path is formed near the aforementioned luminous layer, and is formed in the aforementioned opening -- the field luminescence semiconductor laser element by which the formation position of a transparent layer is included in the plane view configuration of the aforementioned current pouring path -- moreover, the above -- the thickness of a transparent layer $(2i+1) / 4 n$ time of the oscillation wavelength of a laser beam The field luminescence semiconductor laser element which has thickness equivalent to (however, n expresses the refractive index of a transparent layer and i expresses an integer), The field luminescence semiconductor laser element by which the metal membrane is formed further is offered on the transparent layer the thickness of whose is the $2i/4n$ time (however, n expresses the refractive index of a transparent layer and i expresses the natural number) of the oscillation wavelength of a laser beam.

[0013]

[Embodiments of the Invention] In the up reflecting mirror layer structure in which, as for the field luminescence semiconductor laser element of this invention, opening is formed It is based on the technical thought that what the reflection factor of a portion [a portion] to make it starting laser oscillation is reduced for (that is, it is made to reflect multiply) performs oscillation transverse-mode control. for the reason A means to prepare a transparent layer (henceforth an only transparent layer) to the oscillation wavelength of the laser beam oscillated on a front face in part of the above-mentioned opening which functions as an outgoing radiation aperture of a laser beam is provided.

[0014] Here, although various kinds of material by the relation with the oscillation wavelength of a laser beam will be consisted of as the above-mentioned transparent layer, the dielectric film which consists of the dielectric which makes SiNx, SiOx, AlOx, TiOx, and MgO and MgF the example of representation can be raised as a suitable example. Moreover, ITO (indium-stannic-acid ghost) can also be used as a material of a transparent layer. When a transparent layer is formed by ITO, this transparent layer can also be operated as an electrode. In addition, in the case of this dielectric film, it may be one layer and may have a laminated structure more than two-layer.

[0015] The case where a transparent layer is a dielectric film is hereafter made into an example, it ** on a drawing, and

the field luminescence semiconductor laser element of this invention is explained. Drawing 1 shows 1 example B1 of the laser element of this invention, and drawing 2 shows another example B-2. In the case of these elements B1 and B-2, all of the layer structure are the same as that of the element A shown by drawing 11. However, it differs from the case where the plane view configuration of the outgoing radiation aperture of a laser beam is drawing 11, by forming the dielectric film also in the front face of opening 6C which was explained with Element A and which functions as outgoing radiation aperture 6a of a laser beam.

[0016] The element B1 has the structure where outgoing radiation aperture 6A with a more new minor diameter with a circular plane view configuration was formed, by forming dielectric-film 8A to which the plane view configuration is making the annulus ring configuration opening located inside up electrode 7a. And element B-2 is the thing of the structure where new outgoing radiation aperture 6B to which the plane view configuration is carrying out the annulus ring configuration was formed, by forming dielectric-film 8B with a circular plane view configuration in the core of the GaAs layer 6 expressed from opening 6C.

[0017] Here, when the oscillation wavelength of the laser beam by the element B1 (B-2) is λ , as for the thickness of the above-mentioned dielectric-film 8A (8B), it is desirable that it is the thickness approximated to the $\lambda/4n$ time value. In addition, in the above-mentioned formula, n expresses the refractive index of the dielectric which constitutes dielectric-film 8A (8B), and i expresses integers, such as 0, 1, 2, and

[0018] If it is such a plane view configuration and dielectric-film 8A (8B) of such thickness is formed in the best side, the efficiency-reflection factor of the up reflecting mirror layer structure located directly under this dielectric-film 8A (8B) will fall. And as a result, laser oscillation will happen only directly under dielectric-film 8A (8B), and the oscillation transverse mode will be controlled.

[0019] The plane view configuration of this dielectric film is not limited to the type illustrated above, and can be made into a proper configuration. In addition, if a metal membrane like Au, Ti, and Cr is prepared on these thickness $\lambda/4n$ dielectric films, since the above-mentioned effect of a reflection factor fall will improve and oscillation transverse-mode control of a laser beam will be demonstrated more effectively, it is suitable.

[0020] thus, since the dielectric film (transparent layer) formed in opening 6C demonstrated the operation effect which was described above, the formation position projected it below -- the time -- a luminous layer 4 -- it can set -- laser oscillation -- regulating -- current -- pouring -- a path -- three -- e -- being contained in a plane view configuration is desirable. It is because the efficiency-reflection factor of the up reflecting mirror layer structure located directly under a dielectric film is made to fall certainly, it has it to the laser beam oscillated via current pouring path 3e and the certainty about control of the oscillation transverse mode improves.

[0021]

[Example] (1) The laser element shown with the structural drawing 1 of a laser element was manufactured as follows. The oscillation wavelength of this laser element is designed so that it may be set to 850nm. the n type GaAs substrate 1 top -- the MOCVD method -- n type with a thickness of 40nm -- n type with an aluminum_{0.2}Ga_{0.8}As and a thickness of 50nm -- the lower reflecting mirror layer structure 2 which carries out the laminating of the thin layer with aluminum_{0.9}Ga_{0.1}As by turns, making a composition inclined layer with a thickness of 20nm placed between hetero interfaces, and consists of the multilayer of 30.5 pairs was formed. Subsequently, lower clad layer 3a which consists of non-dope aluminum_{0.3}Ga_{0.7}As on this (thickness of 97nm), the luminous layer 4 of the quantum well structure which consisted of a GaAs quantum well (thickness of 7nm of each class) of three layers, and an aluminum_{0.2}Ga_{0.8}As barrier layer (thickness of 8nm of each class) of four layers -- non, after carrying out the laminating of the up clad layer 3b (thickness of 97nm) which consists of dope aluminum_{0.3}Ga_{0.7}As one by one furthermore, a it top -- p type with a thickness of 40nm -- p type with an aluminum_{0.2}Ga_{0.8}As and a thickness of 50nm -- the up reflecting mirror layer structure 5 which carries out the laminating of the thin film with aluminum_{0.8}Ga_{0.2}As by turns, making a composition inclined layer with a thickness of 20nm placed between hetero interfaces, and consists of the multilayer of 25 pairs was formed.

[0022] And the laminating of the p type GaAs layer 6 was carried out on the p type aluminum_{0.2}Ga_{0.8}As layer which is the best layer in this up reflecting mirror layer structure 5. In addition, lowest layer 3c of the above-mentioned up reflecting mirror layer structure consisted of p type AlAs(es) with a thickness of 50nm. Next, after forming SiNx film 8a by the plasma CVD method on the front face of the p type GaAs layer 6 in these layer structures, the circular resist mask 9 with a diameter of about 45 micrometers was formed by the photo lithography using the usual photoresist on it (drawing 3).

[0023] Subsequently, after carrying out etching removal of the SiNx film 8a other than the SiNx film directly under [above-mentioned resist mask the 9] RIE using CF₄, the resist mask 9 was removed altogether, and the front face of the GaAs layer 6 whose plane view configuration is an annulus ring configuration was made to express. And SiNx film 8a was used as the mask, etching processing until it results in the lower reflecting mirror layer structure 2 using the

etchant which consists of the mixed liquor of a phosphoric acid, a hydrogen peroxide, and water was performed, and the columnar structure was formed (drawing 4).

[0024] And this layer structure was heated for about 25 minutes at the temperature of 400 degrees C in steam atmosphere. Only the outside periphery section of p type AlAs layer 3c oxidized alternatively in a circle, and current pouring path 3e whose diameter is about 15 micrometers was formed in the core (drawing 5). Subsequently, after RIE removes SiNx film 8a completely, a plasma CVD method covers the whole front face by the SiNx film 8. Then, remove the SiNx film 8 currently formed in the upper surface of the GaAs layer 6 with a diameter of about 35 micrometers in an annulus ring configuration with an outer diameter [of 25 micrometers], and a bore of 15 micrometers, and the front face of the GaAs layer 6 is made to express. Up electrode 7a which carried out the vacuum evaporation of the AuZn and carried out the annulus ring configuration was formed there, only the front face of the outside of up electrode 7a was further covered with the SiNx film 8, and pad 7c for electrode drawers was further formed by Ti/Pt/Au on it (drawing 6).

[0025] In addition, the refractive index of SiNx was 1.75, and since the oscillation wavelength of an element was 850nm, the thickness of the SiNx film 8 at this time was set to the value when making it $i=0$ in said formula: $(2i+1)/4n$, i.e., 121nm. Subsequently, by applying photo lithography and RIE to the SiNx film located inside up electrode 7a, the circular stoma with a diameter of 6 micrometers was drilled in the core, and other SiNx film 8A left, expressed the front face of the GaAs layer 6, formed outgoing radiation aperture 6A, and manufactured the element B1 shown by drawing 1 . This is made into an example 1.

[0026] Moreover, the aperture of a stoma was set to 10 micrometers and outgoing radiation aperture 6A was formed. This is made into an example 2. Moreover, by leaving with a diameter of 6 micrometers partial 8B to a core, and removing all other portions to the SiNx film located inside up electrode 7a, outgoing radiation aperture 6B which carried out the annulus ring configuration with an outer diameter [of 15 micrometers] and a bore of 6 micrometers was formed, and element B-2 shown by drawing 2 was manufactured. This is made into an example 3.

[0027] After it grinds the rear face of a substrate 1 in [any] an example element and it sets the whole thickness to about 100 micrometers, the vacuum evaporation of AuGeNi/Au is carried out to the polished surface, and lower electrode 7b is formed. In addition, by making into about 30 minutes oxidization time of AlAs layer 3c described above for comparison, oxidization width of face of the AlAs layer 3c concerned was enlarged, and the diameter of current pouring path 3c was set to about 5 micrometers, and with a diameter of 15 micrometers opening 6C was formed on the GaAs layer 6, and the element A shown by drawing 11 which sets this to outgoing radiation aperture 6a was manufactured. Let this be the example 1 of comparison. Moreover, in the element of an example 1, the element A which removes all the SiNx films located inside up electrode 7a, considers as opening with a diameter of 15 micrometers, and sets this to outgoing radiation aperture 6a was manufactured. Let this be the example 2 of comparison. As mentioned above, the current pouring path in five kinds of elements and the size configuration of an outgoing radiation aperture are collectively shown in Table 1.

[0028]

[Table 1]

	柱状構造 の直径 (μm)	上部電極の寸法		電流注入 経路の直径 (μm)	出射窓の形状
		内径 (μm)	外径 (μm)		
実施例 1	3 5	1 5	2 5	1 5	直径 6 μm の円形状
実施例 2	3 5	1 5	2 5	1 5	直径 1 0 μm の円形状
実施例 3	3 5	1 5	2 5	1 5	外形 1 5 μm 、内径 6 μm の円環形状
比較例 1	3 5	1 5	2 5	5	直径 1 5 μm の円形状
比較例 2	3 5	1 5	2 5	1 5	直径 1 5 μm の円形状

[0029] (2) the characterization 1 of a laser element -- the current-voltage characteristic and the current-optical output property in an example 1 and the example 1 of comparison are first shown in drawing 7 The solid line expresses the current-voltage characteristic among drawing, and the dashed line expresses the current-optical output property, respectively. In addition, also in any of an example 1 and the example 1 of comparison, oscillation mode was the basic transverse mode.

[0030] For 5mA operating voltage, contrasting the example 1 of comparison so that clearly from drawing 7 , operating voltage is low, for example, it is about 1.8V, it compares with 2.4V of the example 1 of comparison, and an example 1 is quite a low. This is because resistance in the part is low compared with the example 1 of comparison whose diameter of a current pouring path the diameter of the current pouring path of an example 1 is 15 micrometers, and is 5

micrometers. Moreover, in a current-optical output property, the optical output is increasing, without being saturated until current is set to about 10mA, although threshold current is high a little compared with the example 1 of comparison in the case of an example 1. It is thought that resistance [near the current pouring path / this] is an effect based on generation of heat being suppressed in a low's.

[0031] 2) Express the current-voltage characteristic and the current-optical output property in examples 2 and 3 and the example 2 of comparison to drawing 8 below, respectively. The solid line expresses the current-voltage characteristic among drawing, and the dashed line expresses the current-optical output property, respectively. Between examples 2 and 3 and the example 2 of comparison, a difference remarkable in both the above-mentioned properties is not accepted so that clearly from drawing 8. Then, the luminescence near-field pattern was observed about each element of examples 2 and 3 and the example 2 of comparison. The result in the case of 7mA of operating currents was shown in drawing 9, and the result in the case of 15mA of operating currents was shown in drawing 10, respectively.

[0032] In addition, in an example 2 and Image b, in drawing 9 and drawing 10, an example 3 and Image c show [Image a] the case of the example 2 of comparison, respectively. By the image c in the case of the example 2 of comparison, many luminescence spots were accepted in the periphery section, and it has switched by current pouring so that clearly from drawing 9 and drawing 10. In the case of the image a of an example 2, there are few luminescence spots, and, moreover, they are concentrated on the core. And switching behavior was not caused even if it enlarged current pouring.

[0033] In the case of the image b of an example 3, the number of luminescence spots increased compared with the example 2, and, moreover, it is spread as a whole. However, switching behavior was not caused even if it enlarged current pouring also in the example 3.

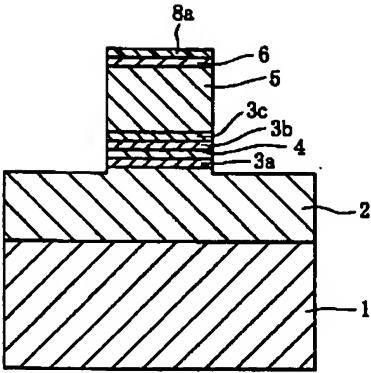
[0034]

[Effect of the Invention] In the above explanation, the laser element of this invention is a field luminescence semiconductor laser element in which oscillation transverse-mode control is possible so that clearly, for example, it is the laser element which carries out a basic transverse-mode oscillation by low operating voltage. Moreover, the noise by mode switching is also reduced with the element stabilized and oscillated by the high order transverse mode.

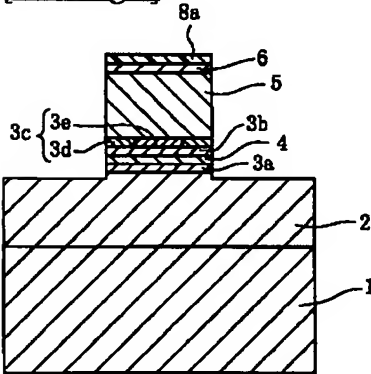
Therefore, this field luminescence semiconductor laser element is usable as the light source for parallel data transmissions, and it has it and it contributes to construction of a high-speed light data telecommunication system.

[0035] Moreover, since control of the oscillation transverse mode in the laser element of this invention controls by the plane view configuration of the dielectric film (transparent layer) formed in the whole upper surface rather than is controlled by size of current constriction structure like before, the design flexibility is high, and manufacture is also easy flexibility, and it also reduces the manufacturing cost.

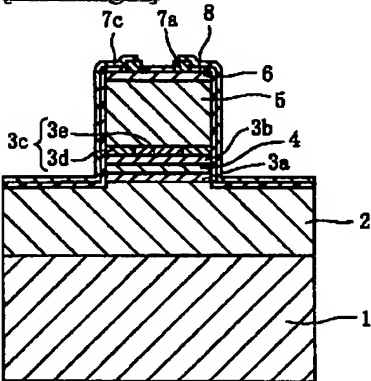
[Translation done.]



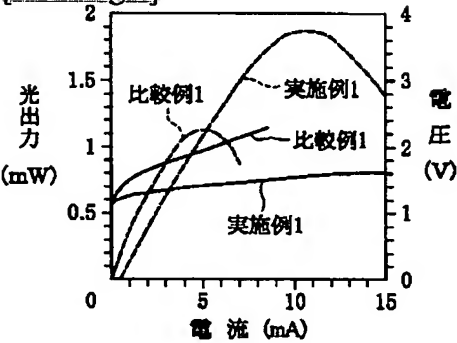
[Drawing 5]



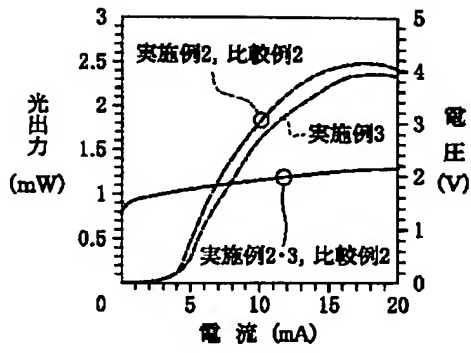
[Drawing 6]



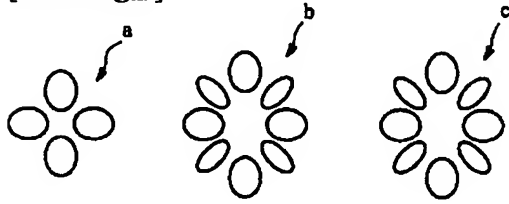
[Drawing 7]



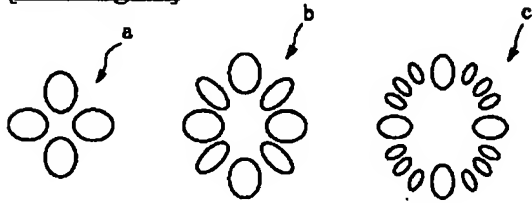
[Drawing 8]



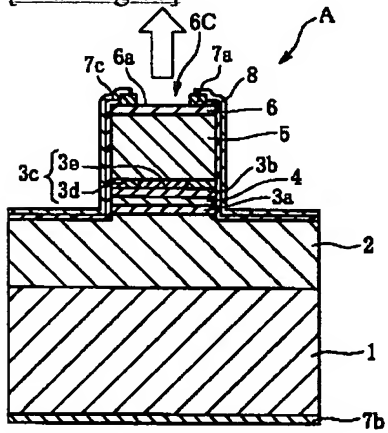
[Drawing 9]



[Drawing 10]



[Drawing 11]



[Translation done.]